インバータ・サーボアンプ・回転機の CE マーキングへの対応

森口　千秋（もりぐち　ちあき）　　西山　誠治（にしやま　せいじ）　　﨑山　貴史（さきやま　たかし）

1　まえがき

従来，ヨーロッパの各国はそれぞれ独自の製品安全規制を行っていた。しかし，EU（ヨーロッパ連合）の設立後，EU 域内の製品流通の自由化を促進し，EU 統一市場のスケールメリットを生かすためには，各国の安全規制の不ぞろいが障害となってきた。そこで EU 域内で統一された製品安全規制が制定されることになった。これが CE マーキングである。

EC 理事会は，製品のカテゴリー別に EC 指令（機械指令，EMC 指令，低電圧指令により構成）を発令している。EC 指令の施行後は，ヨーロッパに輸出される製品は，指令および安全規格に整合し，それを証明するための「CE マーク」がはり付けられなければならない。

1997 年 1 月からの低電圧指令の施行に伴い，EC 指令はすべて猶予期間を終了した。富士電機のインバータ・サーボ・回転機は，早くから CE マーキングへの対応に取り組み，製品改良などを行ってきたので，ここではその概要・実施例について述べる。

具体的な製品安全設計のため，EU 域内の統一規格として個別に EN 規格が定められているが，製品によっては EN 規格が現在でも明確になっていないものもある。

駆動制御機器の製品に関し，適用される代表規格を**表１**に示す。

表１　適用規格の一覧

分　類 ＼ 製品群	EC指令		
	低電圧指令	EMC指令	機械指令
インバータ	VDE0160 (preEN50178)	EN50081-1，2 EN50082-2	－
サーボアンプ	VDE0160 (preEN50178)	EN50081-2 EN50082-2	－
サーボモータ	IEC34-1	－	(IEC34-1)
一般電動機	IEC34-1	－	(IEC34-1)

2　低電圧指令への対応

低電圧指令では，電圧定格が直流 75 V 以上 1,500 V 以下，交流 50 V 以上 1,000 V 以下の電気機器が対象である。低電圧指令への適合を証明するための方法は二つある。一つは，低電圧指令に適合する規格に従って評価を行い，自主宣言する方法であり，もう一つは，ヨーロッパの認定機関により適合性の証明を行い，自主宣言する方法である。

2.1　インバータ・サーボアンプの低電圧指令対応

インバータ・サーボアンプは，低電圧指令適用の対象品とみなされる。

インバータ・サーボアンプに対しては，正式に製品別に決められた個別製品規格や製品群規格がないため，富士電機では次のように対応している。

インバータは，ヨーロッパの認定機関である TÜV Rheinland から適合規格 VDE0160/1988 に基づいて認証取得を受けて自主宣言を行い，製品に CE マークのはり付けを行っている。

サーボアンプは，前記適合規格に従って評価し，自主宣言を行っている。ただし，サーボアンプは機械に組み込まれて輸出されるため，後述する機械指令の対象となるので，製品には CE マークのはり付けは行っていない。

2.1.1　低電圧指令の要求事項と対策

低電圧指令では，一般安全要求事項として，電気機器を適切に取り付け正しく使用する場合には，故障なく機能し，人身に危険を及ぼす原因を引き起こさないように，設計・製造されるべきことが規定されている。

電気機器の安全対策としては，「感電からの人身保護」「感電防止」が重要なポイントである。

インバータ・サーボアンプの安全対策の概要を**図１**に示す。

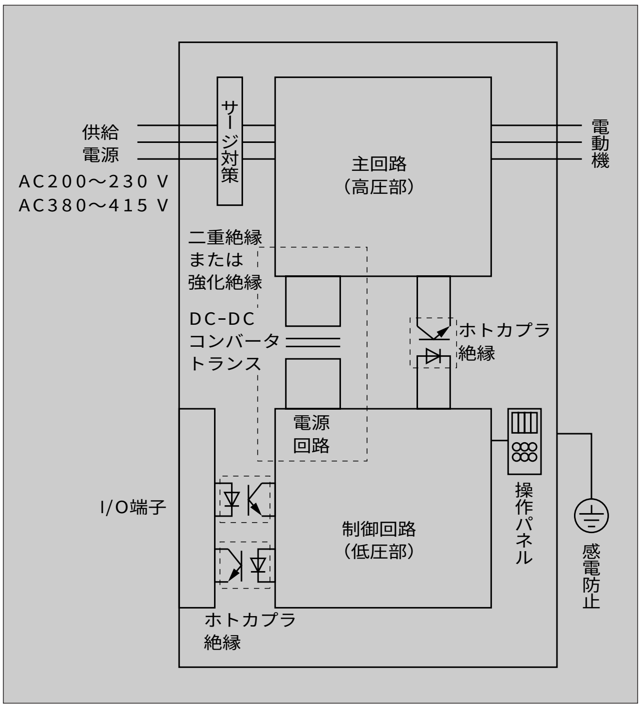
図１に示すように，高圧部である主回路部（整流回路，平滑コンデンサ，インバータ部）と人が操作する制御回路部分［操作パネル，入出力（I/O）端子］とを確実に絶縁し，人が操作パネル・I/O 端子に接触しても感電しない

森口　千秋
誘導電動機の設計・開発に従事。現在，三重工場回転機設計部主査。

西山　誠治
インバータの設計に従事。現在，鈴鹿工場インバータ設計部。

﨑山　貴史
サーボアンプの設計に従事。現在，三重工場サーボシステム部。

図１　インバータ・サーボアンプの安全対策の概要



ように，絶縁距離・沿面距離を確保する。

2.1.2　インバータ・サーボアンプの感電防止対策

インバータ・サーボアンプの主な感電防止対策例を次に示す。

(1)　絶縁距離・沿面距離

絶縁距離・沿面距離に関して適用される規格としてはIEC664-1 があり，インバータ・サーボアンプでは，この規格に従って装置内の絶縁設計を行った。

(a)　操作パネル・ I/O 端子用の制御電源を供給する電源回路は，主回路部から確実にここで絶縁する必要がある。そのため電源回路の対策として，電源回路用変圧器の構造変更および仕様変更を行った。

(b)　高圧部と低圧部が混在する回路部に対し，次の設計変更を行った。

○ 絶縁距離・沿面距離確保のために基板変更を行った。
○ ホトカプラ，端子台は EN 規格認定品を使用した。
○ 変圧器，電流検出器の部品変更を行った。
○ アラーム警報出力（30A，B，C）の電圧仕様を DC 48 V 以下とした。

(2)　筐体（きょうたい）との接地

インバータ・サーボアンプを使用する場合，確実にアース処理することが必要とされる。アース端子記号を，アース端子の識別用として規定された表示に合致させた。

(3)　使用環境

電気機器の使用される環境によっては，安全対策の方法が異なってくる。インバータ・サーボアンプは，制御盤内に収納されて使用されることを前提に適合性を評価し，自主宣言を行っている。

また，適合規格では，使用するときの周囲温度，保管・輸送するときの温度，大気圧，湿度範囲が明記されている。

インバータ・サーボアンプの使用環境・設置環境に関する詳しい内容は，製品の取扱説明書，自主宣言書に記載している。

2.2　回転機製品の低電圧指令対応

インバータモータ，サーボモータを含めた回転機（電動機および電動機応用製品）については，該当する EN 規格が制定されていない。

CE マーキングの対象となるのは，原則として回転機が単体製品として直接ヨーロッパへ輸出される場合であり，機械に組み込まれて輸出されるものは後述の機械指令に該当し，CE マークはり付けの対象外となる。

回転機の製品仕様に対する明確な規定は，低電圧指令およびヨーロッパ規格にはないが，機械に取り付けられる回転機も単体製品の回転機も，求められる安全の思想は同じであるため，機械指令で要求される IEC34-1 への適合を製品設計の基準とした。国内向け一般電動機との主な相違は次のとおりである。

(1)　保護方式： IEC34-5 適用（IP43 以上）
(2)　特性，試験： IEC34-1 適用
(3)　端子記号，回転方向： IEC34-8 適用
(4)　銘板記載事項： IEC34-1 適用（CE マークのはり付け）

なお，機械に組み込まれてヨーロッパへ輸出されるものについても，特に顧客要求があった場合には，CE マークのはり付け，自主宣言書の発行を行っている。

3　EMC 指令への対応

3.1　EMC 指令対応の概要

近年の電気・電子機器はディジタル化や処理の高速化が進み，外部に対し電磁妨害波を出しやすく，また外部から侵入する電磁ノイズの影響を受けやすくなっている。

EMC 指令は，電磁ノイズの発生（エミッション）に対する規制と，外部から侵入する電磁ノイズに対して機器が安定に動作する能力（イミュニティ）への規制の双方を規定している。

また，EMC 指令においては，その機器が使用される環境を住宅，商業，軽工業地区と工業地区の二つに分け，おのおのに対しエミッションおよびイミュニティ双方の規制値を設けている。

3.2　対応規格

インバータ・サーボアンプに対しては，特別に製品別に決められた個別製品規格（Dedicated Product Standards）や製品群規格（Product Family Standards）がないため，共通規格（Generic Standards）に従って評価を行った。特に，インバータでは，使用される環境が商業地区・工業地区の両方に存在しており，一部機種では，商業地区および工業地区の双方に対応したメニューをそろえている。詳細は**表２**を参照いただきたい。

表２　機種別対応規格の一覧

項目／機種	入力電圧	シリーズ	容量範囲（kW）	対応規格
インバータ	三相 200 V	FRENIC5000G9S-2	0.2〜22	EN50081-2 EN50082-2
		FRENIC5000P9S-2	5.5〜22	
		FVR-E9S-2	0.1〜3.7	EN50081-1 EN50082-2 家庭環境での使用可
	単相 200 V	FVR-E9S-7	0.1〜2.2	
	三相 400 V	FRENIC5000G9S-4	0.4〜22	
		FRENIC5000P9S-4	5.5〜22	
		FVR-E9S-4	0.4〜3.7	
		FRENIC5000G9S-4EN	30〜220	EN50081-2 EN50082-2
		FRENIC5000P9S-4EN	30〜280	
		FRENIC5000VG5S-4EN	11〜55	
		FRENIC5000VG5N-4EN	7.5〜45	
サーボアンプ	三相 200 V	ディジタルES	0.05〜3.7	
		FALDIC-Ⅱ	0.05〜3.7	

3.3　規格対応のポイント

インバータ・サーボアンプは従来，工業地区において使用されることを前提にイミュニティ特性の強化を行い，外来ノイズの影響を受けにくい構造となっている。したがって EMC 指令への適合のためには，もう一方の規制であるエミッションの抑制対策が重要なポイントとなる。

ここでは，主としてエミッションの抑制対策について報告する。

図２にエミッション抑制のための一例を示し，次にその要点について述べる。

3.3.1　伝導妨害波対策

機器内で発生し，電源線を経由して外部に流れ出す高周波ノイズを伝導妨害波と呼ぶ。EN50081 では 150 kHz から 30 MHz までのノイズ成分を計測し規格値内にあることが要求されている。

このノイズレベル低減には電源ラインにノイズフィルタを追加することが不可欠となる。

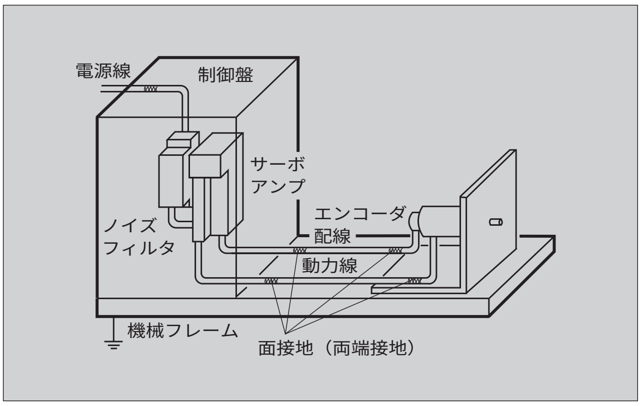
電源フィルタの選択にあたっては，機種・容量ごとに異なるため，適合する電源フィルタについては，機種別の技術資料を参照いただきたい。

また，小容量のインバータでは，フットマウント形と呼ばれる本体と一体形になった電源フィルタを用意し，省配線化，省スペース化を可能とした。

3.3.2　電磁放射妨害波対策

インバータ・サーボアンプの内部に持つスイッチング（クロック発振部，DC-DC コンバータ部およびパワー制御部）素子動作時の高調波成分が，製品本体および機器につながるケーブルからノイズとなって放射される。電磁放射妨害波対策は，このノイズをいかに製品機器内部に封じ込めるかがポイントとなる。

図２　エミッションの抑制対策事例



(1)　制御盤に対する対策

まず第一に導電性の制御盤にインバータ・サーボアンプを内蔵し，シールドを行う。ただし，この際注意すべき点は，制御盤のすきま処理である。一般に，電磁波は，その波長の 1/10 以下のすきまは通過できないといわれている。したがって，機器から放射される最大周波数ノイズ波長の 1/10 以下となるようすきま処理を行えば，制御盤から漏れ出る妨害波を減衰させることができる。

富士電機の測定結果では，200 MHz 以上の電磁波はレベルが非常に小さく問題とならない。200 MHz の波長が 1.5 m であり，その 1/10 ＝ 15 cm 以下にすきま処理を行えばよいことになる。このすきま処理は，扉部，通気口，制御盤の合わせ面に特に注意を要する。扉部には導電性ガスケットを使用し，金属板の合わせ面などは，塗装をはいだうえで，面と面で接触させることを推奨している。

(2)　ケーブルに対する対策

制御盤からの引出線（動力線，信号線）がアンテナ源となりノイズを放射する。この対策もシールドが効果を発揮する。

しかし，そのシールドの取り方によっては効果が問題となる。

ノイズ遮へい効果の最も高いケーブル処理方法は，**図２**に示すような面接地処理である。数 MHz 以上のノイズ成分電流は電線の表面しか流れなくなる表皮効果のため，シールド先端をより線にして接地した場合，大きな接地インピーダンスを持つことになり，シールド効果の大幅低下を引き起こす。そこで，シールドを接地する場合は，筐体に対しシールド線の編組部が面で接地する構造が推奨される。

4　機械指令への対応

機械指令は，最終製品である機械装置に適用される。

インバータ，サーボアンプは，最終製品ではないため CE マーキングの対象外である。しかし，富士電機の製品が使用される機械システムでは，その機械システムが安全かどうかが問題となる。

富士電機ではヨーロッパ向けの機械に対して，前記の低

電圧指令と EMC 指令に対応したインバータ・サーボアンプを供給しているので，機械指令についても問題なく適合できる。

サーボモータなどの回転機も単体では CE マーキングの対象外であるが，それらを組み込んだ機械は CE マーキングへの対応が必要となるので注意を要する。

機械装置の安全規格である EN60204-1 では，機械に組み込まれる回転機に対して次の要求をしている。

(1)　規格 IEC34-1 の要求事項を満たすこと
(2)　保護等級は少なくとも IP23 以上のこと
(3)　寸法はできるだけ IEC72-1，2 に適合すること

IEC34-1 ではインバータやサーボアンプのような絶縁構成についての詳細な規定はないが，耐電圧試験などによる安全性の評価を規定している。

富士電機は下記の回転機製品について，TÜV Product Service の認証を取得しており，IEC34-1 に適合すると同時に，機械指令に合致した製品としている。

○標準三相電動機　：0.1 ～ 15 kW，2 ～ 6 極
ブレーキモータ　：0.1 ～ 15 kW，4 ～ 6 極
ギヤードモータ　：0.1 ～ 7.5 kW，4 極
リングブロー　：0.09 ～ 15 kW，2 極
クーラントポンプ：0.04 ～ 1.2 kW，2 極

5　あとがき

以上，インバータ・サーボアンプ・回転機の CE マーキングへの対応について述べた。

EC 指令の要点は，「電気機器が故障なく機能し，人身に危険を及ぼさないこと，および電磁妨害波の発生を抑制しかつその影響を受けにくくすること」である。このため，今回構造の全面見直しを行い，かつノイズの発生・伝搬メカニズムの解析と評価を行うことにより，EC 指令へ適合させることができた。

今後は，これらの経験を基にさらに技術の研鑽（けんさん）を積み，もう 1 ランク上の製品安全性の確保ならびに品質向上のために努力する所存である。

技術論文社外公表一覧

標　　題	所　属	氏　名	発表機関	
「水とハイテク」クリプトスリジウム対策と濁度計測 1 クリプトスポリジウムと暫定指針における濁度管理	公共システム事業部 富士電機総合研究所 〃	伊藤　晴夫 本山　信行 大戸時喜雄	水，**39**，552（1997）	月刊「水」発行所
「水とハイテク」クリプトスリジウム対策と濁度計測 2 濁度と微粒子計測	公共システム事業部 富士電機総合研究所	伊藤　晴夫 大戸時喜雄	水，**39**，553（1997）	月刊「水」発行所
金属ベースプリント配線板における銅イオンマイグレーションと誘電特性の関係	富士電機総合研究所 〃 〃	岡本　健次 前田　賢彦 芳賀　弘二	回路実装学会誌，**12**，6（1997）	回路実装学会
「水とハイテク」クリプトスリジウム対策と濁度計測 3 凝集・沈殿・ろ過の新しい計測制御システムの提案	公共システム事業部 富士電機総合研究所	伊藤　晴夫 大戸時喜雄	水，**39**，555（1997）	月刊「水」発行所
計測と制御を一体化したモデル予測制御	S I セ ン タ ー	黒谷　憲一	電気学会誌，No.10（1997）	電気学会
ニューラルネットワークによる一次元ゲート割り当て問題の解法	富士ファコム制御 S I セ ン タ ー	土屋　和広 黒谷　憲一	電気学会電子・情報・システム部門誌，**117**–C，10（1997）	電気学会
超高圧 GIS の開発	富士電機総合研究所 変電システム製作所	岩井　弘美 堤　睦生	OHM，No.10（1997）	オーム社
生産管理システムとの連係によるエネルギー管理	計測システム事業部	大屋　和博	1997 年版省エネルギー設備・機器要覧省エネルギー（増刊号）（1997–10）	省エネルギーセンタ
Orientation Dependence of the Oxidation of SiC Surfaces	富士電機総合研究所	上野　勝典	Phisica Status Solidi, **162**, 1（1997）	Akademie Verlag
Measurement of the Breakdown Voltage of Lateral Power MOSFET on a SOI Film with Varying the Surface Design around the Gate Region	富士電機総合研究所 〃	澄田　仁志 平林　温夫	Japan Journal of Applied Physics, No.36（1997–10）	応用物理学会欧文誌刊行会
Evaluation of the Performance Degradation at Phosphoric Acid Fuel Cells, Dealloying Process of Pt-Co-Ni Electrocatalysts	燃料電池事業推進室	中島　憲之	電気化学会学会誌，**65**，10（1997）	電気化学会

e-Front runners

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。